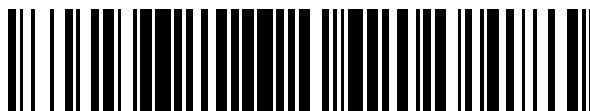


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 592**

51 Int. Cl.:

C08K 7/00 (2006.01)

C08K 7/24 (2006.01)

H01B 1/24 (2006.01)

C08K 3/04 (2006.01)

C08J 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08253990 .9**

96 Fecha de presentación: **12.12.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2070978**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.06.2009**

54 Título: **Material compuesto basado en nanotubos de carbono y un método para fabricar el mismo**

30 Prioridad:
14.12.2007 CN 200710125109
21.12.2007 CN 200710125411
11.01.2008 CN 200810065181

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.11.2012

73 Titular/es:
TSING HUA UNIVERSITY (50.0%)
NO. 1, QINHUA YUAN HAIDIAN DISTRICT
BEIJING CITY, CN y
HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD.
(50.0%)

72 Inventor/es:
WANG, JIA-PING;
CHENG, QUN-FENG;
JIANG, KAI-LI y
FAN, SHOU-SHAN

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 391 592 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Material compuesto basado en nanotubos de carbono y un método para fabricar el mismo.

La presente invención se refiere a materiales compuestos y a métodos para fabricar los mismos y, particularmente, a un material compuesto que posee nanotubos de carbono y a un método para fabricar el mismo.

Debido a propiedades de conducción térmica y eléctrica y mecánicas potencialmente útiles, los nanotubos de carbono (NTC) han sido objeto de muchísimo interés desde principios de los años 1990. Y el uso de los NTC se está haciendo cada vez más popular como material de carga en materiales compuestos.

Actualmente es habitual que se modifique la superficie de los nanotubos de carbono antes de ser embebidos en polímeros para formar materiales compuestos. Un método normal para fabricar un material compuesto basado en nanotubos de carbono incluye: proporcionar nanotubos de carbono multicapa y ácido nítrico concentrado y colocar los nanotubos de carbono en el ácido nítrico concentrado para formar una mezcla; agitar la mezcla durante 20 horas a 200°C; lavar los nanotubos de carbono con agua destilada y secar los nanotubos de carbono a vacío durante 10 horas a 90°C; colocar los nanotubos de carbono en cloruro de oxalilo para formar una mezcla y agitar la mezcla durante 10 horas a 90°C; evaporar el exceso de cloruro de oxalilo, con lo que se obtienen nanotubos de carbono clorados; gotear diaminoetano en los nanotubos de carbono clorados en un baño de hielo para formar una primera mezcla, remover lentamente la primera mezcla y secar la primera mezcla a vacío durante 10 horas a 100°C para formar nanotubos de carbono aminados; colocar los nanotubos de carbono aminados en etanol para formar una segunda mezcla y agitar la segunda mezcla durante 15 minutos mediante ultrasonidos; añadir resina epoxi a la segunda mezcla y remover rápidamente durante 20 minutos; calentar la segunda mezcla a 60°C para evaporar el etanol y añadir un agente de curado a la segunda mezcla; y finalmente llenar una matriz con la segunda mezcla y calentar a 80°C durante 2 horas, después calentar a 150°C durante 2 horas, tal que la segunda mezcla se cure para formar el material compuesto basado en nanotubos de carbono.

El método descrito de agitar y remover para dispersar los nanotubos de carbono en el polímero presenta, sin embargo, desventajas. Los nanotubos de carbono tienen tendencia a adherirse entre sí en el polímero, la modificación de la superficie da como resultado defectos en la estructura de los nanotubos de carbono que afectan al conjunto de las propiedades de los nanotubos de carbono y los nanotubos de carbono están desorganizados en el material compuesto (es decir, no dispuestos en ningún eje concreto). Además, los agentes y disolventes orgánicos añadidos durante el procedimiento de elaboración son difíciles de eliminar, lo que da como resultado que el material compuesto basado en nanotubos de carbono conseguido esté contaminado. Por consiguiente, el método de fabricación que implica la modificación de la superficie es complicado y tiene un coste relativamente elevado.

“Láminas de nanotubos de carbono resistentes, transparentes y multifuncionales” publicado por Mei Zhang *et al.* en Science vol. 309, páginas 1215-1219, describe que las láminas de nanotubos de carbono se pueden adherir juntas.

La solicitud de patente europea 2037516 A1, sin publicar en la fecha de presentación de la presente solicitud, describe una batería de litio y un método para fabricar un ánodo, en el que la estructura de películas de nanotubos de carbono está recubierta con un polímero.

El documento WO00/73204 A1 describe una película de nanotubos de carbono alineados soportada sobre un sustrato y un método para retirar la película de nanotubos de carbono del sustrato soporte, en el que para retirar la capa de nanotubos de carbono alineados se adhiere una película de polímero sobre la superficie de arriba de una capa de nanotubos de carbono alineados.

La solicitud de patente europea 2061077 A2, sin publicar en la fecha de presentación de la presente solicitud, muestra una estructura laminar y un método de elaboración de la misma, en el que la estructura laminar incluye una pluralidad de haces de estructura lineal cada uno de los cuales comprende una pluralidad de estructuras lineales de átomos de carbono organizados, espaciados unos de otros en un primer hueco y que están dispuestos en un segundo hueco mayor que el primer hueco; y una capa de material de carga que rellena el primer hueco y el segundo hueco y soporta la pluralidad de haces de estructura lineal.

Lo que se necesita es un material compuesto basado en nanotubos de carbono y un método para fabricar el mismo, en el que se eliminan, o al menos palien, las limitaciones descritas.

En una realización de la invención, un material compuesto basado en nanotubos de carbono comprende una matriz polimérica y una estructura de películas de nanotubos de carbono dispuesta en la matriz polimérica, la estructura de películas de nanotubos de carbono comprende una pluralidad de nanotubos de carbono, en la que la estructura de películas de nanotubos de carbono está dispuesta en una región de capa central entre las porciones de capa superior e inferior de la matriz polimérica, se define una pluralidad de espacios intermedios entre los nanotubos de carbono de la estructura de películas de nanotubos de carbono, y la matriz polimérica rellena los espacios intermedios.

En otra realización, la invención proporciona un método para fabricar el material compuesto basado en nanotubos de

carbono que comprende: formar una estructura de películas de nanotubos de carbono y proporcionar un material polimérico de una matriz polimérica; rellenar la estructura de películas de nanotubos de carbono con el material polimérico para formar el material compuesto basado en nanotubos de carbono que comprende la estructura de películas de nanotubos de carbono y el material polimérico, en el que la estructura de películas de nanotubos de carbono está dispuesta en una región de capa central entre las porciones de capa superior e inferior de la matriz polimérica, se define una pluralidad de espacios intermedios entre los nanotubos de carbono de la estructura de películas de nanotubos de carbono, y la matriz polimérica rellena los espacios intermedios.

Otras características novedosas y ventajas del presente material compuesto basado en nanotubos de carbono y del método para fabricar el mismo se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones ilustrativas cuando se consideran junto con los dibujos adjuntos.

Muchos aspectos del presente material compuesto basado en nanotubos de carbono y del método para fabricar el mismo se pueden entender mejor con referencia a los dibujos siguientes. Los componentes de los dibujos no se han dibujado necesariamente a escala, en su lugar se ha hecho énfasis en ilustrar claramente los principios del presente material compuesto basado en nanotubos de carbono y del método para fabricar el mismo.

La FIG. 1 es una vista de la sección transversal de un material compuesto basado en nanotubos de carbono conforme a una realización ilustrativa.

La FIG. 2 es similar a la FIG. 1, pero mostrada en más detalle.

La FIG. 3 es una vista isométrica y desglosada de una estructura de películas de nanotubos de carbono del material compuesto basado en nanotubos de carbono de la FIG. 2.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo de un método ilustrativo para fabricar el material compuesto basado en nanotubos de carbono de la FIG. 1.

La FIG. 5 es una vista de la sección transversal de una preforma empleada en el método para preparar el material compuesto basado en nanotubos de carbono del al FIG. 1.

La FIG. 6 es una vista de la sección transversal de un sistema para fabricar el material compuesto basado en nanotubos de carbono del al FIG. 1.

La FIG. 7 es una vista esquemática de un sistema usado para precombinar la preforma empleada en un método para la preparación de la FIG.1.

La FIG. 8 es una vista de la sección transversal de un sistema para fabricar el material compuesto basado en nanotubos de carbono de la FIG. 1.

La FIG. 9 es una vista esquemática de un sistema usado para fabricar el material compuesto basado en nanotubos de carbono de la FIG. 1.

Los caracteres de referencia correspondientes indican las partes equivalentes en todas las diversas vistas. Las ejemplificaciones expuestas en la presente memoria ilustran al menos una realización del presente material compuesto basado en nanotubos de carbono y del método para fabricar el mismo, al menos de una forma, y tales ejemplificaciones no deben interpretarse como limitantes del alcance de la invención en forma alguna.

A continuación se hará referencia a los dibujos para describir, en detalle, realizaciones del presente material compuesto basado en nanotubos de carbono y el método para preparar el mismo.

Haciendo referencia a la FIG. 1, un material compuesto basado en nanotubos de carbono 10 incluye una matriz polimérica 14 y una pluralidad de nanotubos de carbono dispersados en ella.

Los nanotubos de carbono forman una estructura de películas de nanotubos de carbono 12 en la matriz polimérica 14. La estructura de películas de nanotubos de carbono 12 es independiente. Independiente significa que los nanotubos de carbono se combinan, juntan o unen entre sí por fuerzas de atracción de Van der Waals, para formar la estructura de películas de nanotubos de carbono 12. La estructura de películas de nanotubos de carbono 12 está soportada por sí misma y no necesita un sustrato sobre el que descansar y apoyarse. Cuando un operario sostiene al menos un punto de la estructura de películas de nanotubos de carbono 12, toda la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 puede elevarse sin que se destruya.

La matriz polimérica 14 incluye porciones de capa superior e inferior, y puede estar hecha de resina termoendurecible o resina termoplástica. El material de la resina termoendurecible puede ser fenólico, epoxi, bismaleimida, polibenzoxazina, éster de cianato, poliimida, éster de poliamida insaturada, o cualquier combinación de los mismos. El material de la resina termoplástica puede ser polietileno, cloruro de polivinilo, politetrafluoroetileno, polipropileno, poliestireno, polimetilmetacrilato acrílico, tereftalato de polietileno, policarbonato, poliamida, tereftalato de polibutileno, poliéter cetona, poliéter sulfona, éter sulfona, poliimida termoplástica, poliéterimida, sulfuro de

polifenileno, acetato de polivinilo, parafenilen benzobisoxazol, o cualquier combinación de los mismos.

La estructura de nanotubos de carbono 12 puede incluir una película de nanotubos de carbono, o una pluralidad de películas de nanotubos de carbono coplanares o apiladas. Los nanotubos de carbono en cada película de nanotubos de carbono están alineados paralelamente al mismo eje. Más específicamente, cada película de nanotubos de carbono incluye una pluralidad de nanotubos de carbonos consecutivos y orientados unidos en fila por fuerzas de atracción de Van der Waals. La longitud y anchura de la película de nanotubos de carbono se puede fijar arbitrariamente según se desee. Un grosor de la película de nanotubos de carbono es de 0,5 nanómetros (nm) a 100 micras (μm). Los nanotubos de carbono en la película de nanotubos de carbono pueden ser monocapa, de doble capa o multicapa. Los diámetros de los nanotubos de carbono monocapa pueden ser de aproximadamente 0,5 nm a aproximadamente 50 nm, los diámetros de los nanotubos de carbono de doble capa pueden ser de aproximadamente 1 nm a aproximadamente 50 nm, y los diámetros de los nanotubos de carbono multicapa pueden ser de aproximadamente 1,5 nm a aproximadamente 50 nm.

Cuando la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 incluye dos o más películas de nanotubos de carbono apiladas una sobre otra, las películas de nanotubos de carbono adyacentes se combinan mediante fuerzas de atracción de Van der Waals, proporcionando de esta forma la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 con estabilidad. Un ángulo α entre los ejes de alineación de los nanotubos de carbono en cada dos películas adyacentes de nanotubos de carbono es $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$.

Haciendo referencia a las FIGS. 2 y 3, la estructura de nanotubos de carbono 12 incluye una primera película de nanotubos de carbono 122, una segunda película de nanotubos de carbono 124, una tercera película de nanotubos de carbono 126, y una cuarta película de nanotubos de carbono 128. Las películas de nanotubos de carbono cuarta, tercera, segunda y primera 128, 126, 124, 122 están superpuestas en series desde abajo a arriba. Un ángulo α entre los ejes de alineación de los nanotubos de carbono en cada dos películas adyacentes de nanotubos de carbono es 90° . El grosor de la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 es de aproximadamente 0,04 μm a aproximadamente 400 μm .

En el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10, la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 está colocada en una región de capa central entre las porciones de capa superior e inferior de la matriz polimérica 14, con los nanotubos de carbono dispuestos uniformemente en la matriz polimérica 14. Se define una pluralidad de espacios intermedios entre los nanotubos de carbono, y la matriz polimérica 14 rellena los espacios intermedios. Es decir, la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 está empapada por y combinada con la matriz polimérica 14 para formar el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10.

Haciendo referencia a la FIG. 4, un método ilustrativo para fabricar el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10 incluye: (a) proporcionar al menos una película de nanotubos de carbono, cada película de nanotubos de carbono incluye una pluralidad de nanotubos de carbono; (b) formar una estructura de películas de nanotubos de carbono autosoportada 12 y proporcionar un material polimérico de la matriz polimérica 14; y (c) rellenar con el material polimérico la estructura de nanotubos de carbono para formar el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10 que comprende la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 y el material polimérico.

En la etapa (a), la película de nanotubos de carbono se puede formar mediante: (a1) proporcionar una matriz de nanotubos de carbono, específicamente, una matriz superalineada de nanotubos de carbono; y (a2) retirar una película de nanotubos de carbono de la matriz de nanotubos de carbono mediante un instrumento de extracción lo que permite que se puedan sujetar múltiples nanotubos de carbono y tirar simultáneamente.

En la etapa (a1), la matriz superalineada de nanotubos de carbono se puede formar mediante: (a11) proporcionar un sustrato sustancialmente plano y liso; (a12) formar una capa de catalizador sobre el sustrato; (a13) recocer el sustrato con la capa de catalizador al aire a una temperatura de aproximadamente 700°C ~ 900°C durante aproximadamente 30 a 90 minutos; (a14) calentar el sustrato con la capa de catalizador a una temperatura de aproximadamente 500°C ~ 740°C en un horno con un gas protector en él; y (a15) suministrar un gas como fuente de carbono al horno durante aproximadamente 5 a 30 minutos y hacer crecer la matriz superalineada de nanotubos de carbono sobre el sustrato.

En la etapa (a11), el sustrato puede ser una oblea de silicio de tipo P, una oblea de silicio de tipo N, o una oblea de silicio con una película de dióxido de silicio sobre ella. En la presente invención se usó una oblea de silicio de tipo P de 10,2 cm (4 pulgadas) como sustrato.

En la etapa (a12), el catalizador puede ser hierro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), o cualquier aleación de los mismos.

En la etapa (a14), el gas protector puede ser al menos uno de los siguientes; nitrógeno (N_2), amoníaco (NH_3), y un gas noble. En la etapa (a15), el gas fuente de carbono puede ser un gas hidrocarbonado, como etileno (C_2H_4), metano (CH_4), acetileno (C_2H_2), etano (C_2H_6), o cualquier combinación de los mismos.

La matriz superalineada de nanotubos de carbono puede tener una altura de aproximadamente 200 μm a 400 μm , e incluir una pluralidad de nanotubos de carbono paralelos aproximadamente perpendiculares al sustrato. Los

nanotubos de carbono en la matriz pueden ser nanotubos de carbono monocapa, nanotubos de carbono de doble capa, o nanotubos de carbono multicapa. Los diámetros de los nanotubos de carbono monocapa son de aproximadamente 0,5 nm a aproximadamente 10 nm, los diámetros de los nanotubos de carbono de doble capa son de aproximadamente 1 nm a aproximadamente 50 nm, y los diámetros de los nanotubos de carbono multicapa son de 1,5 nm a 50 nm.

La matriz superalineada de nanotubos de carbono formada en dichas condiciones está básicamente libre de impurezas tales como partículas carbonosas o partículas residuales de catalizador. Los nanotubos de carbono en la matriz superalineada están estrechamente compactados mediante fuerzas de atracción de Van der Waals.

En la etapa (a2), la película de nanotubos de carbono se puede formar mediante: (a21) seleccionar uno o más nanotubos de carbono que tienen un ancho predeterminado de la matriz superalineada de nanotubos de carbono; y (a22) tirar de los nanotubos de carbono a una velocidad constante/uniforme para formar segmentos de nanotubos y conseguir una película de nanotubos de carbono uniforme.

En la etapa (a21), se pueden seleccionar los nanotubos de carbono que tienen una anchura predeterminada usando una cinta adhesiva como instrumento para poner en contacto con la matriz superalineada de nanotubos de carbono. Cada segmento de nanotubo de carbono incluye una pluralidad de nanotubos de carbono paralelos. En la etapa (a22), la dirección en la que se tira es básicamente perpendicular a la dirección de crecimiento de la matriz superalineada de nanotubos de carbono.

Específicamente, durante el proceso de tirado, mientras el segmento inicial de nanotubo de carbono se separa, otros segmentos de nanotubos de carbono se separan también en fila debido a las fuerzas de atracción de Van der Waals entre los extremos de segmentos adyacentes. Este proceso de separación asegura que se pueda formar una película continua y uniforme de nanotubos de carbono que tiene una cierta anchura. La película de nanotubos de carbono incluye una pluralidad de nanotubos de carbono unidos en fila. Los nanotubos de carbono en la película de nanotubos de carbono son todos básicamente paralelos a la dirección de tirado/separación, y la película de nanotubos de carbono producida de tal manera se puede formar selectivamente para tener una anchura predeterminada. La película de nanotubos de carbono formada por el método de tirado/separación presenta una uniformidad superior de grosor y conductividad que una película de nanotubos de carbono típica en la que los nanotubos de carbono están desorganizados y no dispuestos a lo largo de ningún eje concreto. Además, el método de tirado/separación es simple y rápido, lo que lo convierte por tanto en adecuado para aplicaciones industriales.

La anchura máxima posible para la película de nanotubos de carbono depende del tamaño de la matriz de nanotubos de carbono. La longitud de la película de nanotubos de carbono se puede fijar arbitrariamente, según se desee. Cuando el sustrato es una oblea de silicona de tipo P de 10,2 cm (4 pulgadas), la anchura de la película de nanotubos de carbono puede ser de aproximadamente 0,01 centímetros (cm) a aproximadamente 10 cm, y el grosor de la película de nanotubos de carbono es de aproximadamente 0,5 nm a aproximadamente 100 μm .

Existen dos métodos para realizar la etapa (b).

La etapa (b) se realiza en el primer método mediante las etapas de: (b1) proporcionar una película polimérica 16 y al menos una película de nanotubos de carbono; y (b2) adherir al menos una película de nanotubos de carbono a la superficie de la película polimérica para formar una preforma 40.

Haciendo referencia a la FIG. 5, la preforma 40 incluye la película polimérica 16 y la estructura de películas de nanotubos de carbono 12. La estructura de películas de nanotubos de carbono 12 se forma adhiriendo al menos una película de nanotubos de carbono a la superficie de la película polimérica 16. La película polimérica 16 está hecha del mismo material que la matriz polimérica 14.

En la etapa (b1), el material de la matriz polimérica 14 puede hacerse en la película polimérica 16 mediante: (b11) proporcionar un alilfenol líquido, y rellenar un recipiente con el alilfenol líquido; (b12) calentar y remover el alilfenol líquido en el recipiente a aproximadamente 90°C~180°C durante varios minutos; (b13) añadir bismaleimida en polvo al alilfenol líquido a aproximadamente 110°C~160°C para formar una mezcla, y dejar la mezcla reposar durante varios minutos a la misma temperatura; (b14) desalojar el aire del recipiente durante varios minutos para hacer vacío y eliminar el gas de dentro del líquido, consiguiendo de esta manera un líquido puro; y (b15) rellenar con el líquido un molde y enfriar a temperatura ambiente para conseguir la película polimérica 16.

En la etapa (b13), una relación en peso de bismaleimida en polvo a alilfenol líquido es de aproximadamente 60:5 a aproximadamente 60:70. En la etapa (b15), el grosor y forma de la película polimérica 16 están definidos por el molde.

Será evidente para los expertos en la técnica que la película polimérica 16 se puede conseguir también por otros métodos conocidos en la técnica, tales como pulverización, recubrimiento o recubrimiento por flujo.

En la etapa (b2), se observa que la película de nanotubos de carbono es adherente por naturaleza debido a que los nanotubos de carbono de la matriz superalineada de nanotubos de carbono tienen una elevada pureza y un área

superficial muy específica. Como resultado, al menos una película de nanotubos de carbono se puede adherir directamente a la superficie de la película polimérica 16 y así formar una estructura de películas de nanotubos de carbono 12 sobre la película polimérica 16, creándose así una preforma 40. Por ejemplo, una pluralidad de películas de nanotubos de carbono se pueden adherir sobre la superficie de la película polimérica 16 unas junto a otras y coplanares entre sí, para formar de esta manera la estructura de películas de nanotubos de carbono 12. En otro ejemplo, dos o más de tales películas de nanotubos de carbono se pueden apilar sobre la superficie de la película polimérica 16 para formar una estructura de películas de nanotubos de carbono 12 con películas de nanotubos de carbono apiladas. El ángulo α entre los ejes de alineación de los nanotubos de carbono entre cada dos películas de nanotubos de carbono adyacentes es $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$. En la presente invención el ángulo α es aproximadamente 90° . En cada película de nanotubos de carbono se define un espacio entre cada dos nanotubos de carbono adyacentes. Los nanotubos de carbono de cada dos películas de nanotubos de carbono adyacentes están cruzados entre sí, proporcionando de esta forma la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 con una estructura microporosa. Un diámetro de cada microporo en la estructura microporosa es de aproximadamente 1 nm a aproximadamente 0,5 μm .

En otra realización, después de disponer la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 sobre la película polimérica 16, se puede proporcionar otra película polimérica 16 discreta adicional y cubrir la estructura de películas de nanotubos de carbono 12.

Se debe entender que cuando el tamaño de la película de nanotubos de carbono ya formada supera el de la superficie de la película polimérica 16, el exceso de película de nanotubos de carbono se puede retirar. A la película de nanotubos de carbono se le puede dar el tamaño y forma necesarios mediante corte con láser al aire. La etapa de corte se puede realizar antes o después de la etapa de adhesión. En la descripción siguiente, a menos que el contexto indique lo contrario, se supone que la película de nanotubos de carbono está adherida sobre la superficie de la película polimérica 16 antes de la etapa de corte.

Será evidente para los expertos habituales en la técnica que la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 se puede formar en primer lugar mediante un instrumento (por ejemplo, un bastidor). La estructura de películas de nanotubos de carbono 12 formada se puede adherir entonces sobre la superficie de la película polimérica 16 para conseguir la preforma 40. Alternativamente, la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 se puede colocar de forma adherente entre dos capas de la película polimérica 16 (es decir, se puede disponer otra película polimérica 16 sobre la superficie de la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 para formar la preforma 40).

Cada película de nanotubos de carbono se puede tratar con un disolvente orgánico. Específicamente, el disolvente orgánico se puede gotear desde un gotero sobre la película de nanotubos de carbono para empapar toda la superficie de la misma. El disolvente orgánico es volatilizable y puede ser etanol, metanol, acetona, dicloroetano, cloroformo, o cualquier mezcla adecuada de los mismos. En la presente invención el disolvente orgánico es etanol. Después de ser empapados con el disolvente orgánico, los segmentos de nanotubos de carbono de la película de nanotubos pueden, al menos parcialmente, encoger y adherirse firmemente a la superficie de la película polimérica 16 debido, al menos en parte, a la tensión superficial creada por el disolvente orgánico. Debido a la disminución del área superficial específica por la formación de haces, el coeficiente de rozamiento de la película de nanotubos de carbono es reducido, mientras que la resistencia mecánica y la dureza se mantienen elevadas. Se debe entender que en realizaciones alternativas cada película de nanotubos de carbono o la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 se pueden tratar con un disolvente orgánico antes de adherirse sobre la película polimérica 16. En estas situaciones, cada película de nanotubos de carbono o la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 se pueden adherir sobre un bastidor y empapar en un baño de un disolvente orgánico. Después, la película de nanotubos de carbono o la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 tratadas se pueden disponer sobre la película polimérica 16.

En el segundo método de la etapa (b), la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 se forma apilando al menos dos películas de nanotubos de carbono mediante un instrumento (por ejemplo, un bastidor). Cada película de nanotubos de carbono incluye una pluralidad de nanotubos de carbono colocados a lo largo de la dirección de separación. Al menos dos películas de nanotubos de carbono están apiladas una en la parte de arriba de la otra. Cada película de nanotubos de carbono comprende una pluralidad de nanotubos de carbono orientados a lo largo de una dirección, y un ángulo entre las direcciones de alineación de los nanotubos de carbono en dos películas de nanotubos de carbono adyacentes cualesquiera es de aproximadamente 0° a aproximadamente 90° . El ángulo se determina por la diferencia en las direcciones de separación de las películas de nanotubos de carbono adyacentes.

En el segundo método de la etapa (b), el material polimérico es un material polimérico de estado líquido 24. El material polimérico de estado líquido 24 es un polímero termoendurecible de estado líquido. El polímero termoendurecible de estado líquido se puede fabricar mediante las subetapas siguientes: (b11') proporcionar un polímero en un recipiente y calentar y agitar el polímero a una temperatura menor de 300°C ; (b12') añadir al menos un aditivo (véase más adelante) al polímero; y (b13') calentar y agitar uniformemente el polímero con al menos este aditivo a una temperatura menor de 300°C , con lo que se obtiene el polímero termoendurecible de estado líquido.

El método de fabricación del polímero termoendurecible de estado líquido incluye: (b11') proporcionar una mezcla de resina epoxi de glicidil éter y resina epoxi de grasa de glicidilo dispuestos en un recipiente, calentar la mezcla a una temperatura de aproximadamente 30°C a aproximadamente 60°C, y agitar la mezcla durante 10 minutos; (b12') añadir amina alifática y diglicidil éter a la mezcla; y (b13') calentar la mezcla a una temperatura de aproximadamente 30°C a aproximadamente 60°C, y obtener un polímero termoendurecible de estado líquido que comprende resina epoxi.

Una viscosidad del polímero termoendurecible de estado líquido es menor de 5 pascal-segundo (Pa·s), que se puede mantener a temperatura ambiente durante al menos 30 minutos. El polímero termoendurecible de estado líquido incluye polímero y al menos un aditivo. Este aditivo se selecciona de un grupo que comprende agente solidificante, agente modificante, agente diluyente, material de carga y cualquier combinación de los mismos. Una relación de masa del polímero al aditivo es de aproximadamente 7:3 a aproximadamente 19:1.

El polímero termoendurecible de estado líquido se selecciona del grupo que comprende resina fenólica, resina epoxi, resina de bismaleimida, resina de triazina, poliimida, y polimetilmetacrilato. Los agentes solidificantes se seleccionan de un grupo que comprende amina alifática, amina cíclica alifática, amina aromática, poliamida, anhídrido ácido, amina terciaria, y cualquier combinación de los mismos, y se configuran al final para acelerar el proceso de solidificación del polímero termoendurecible de estado líquido. Los agentes modificantes se seleccionan de un grupo que comprende caucho polisulfurado, resina de poliamida, caucho acrilonitrilo y cualquier combinación de los mismos, y se configuran al final para mejorar las propiedades del polímero termoendurecible de estado líquido. Los agentes diluyentes se seleccionan de un grupo que comprende diglicidil éter, poliglicidil éter, butil epoxi propil éter, alilfenol y cualquier combinación de los mismos. Los materiales de carga se seleccionan de un grupo que comprende fibra de asbestos, fibra de vidrio, cuarzo en polvo, óxido de aluminio, y cualquier combinación de los mismos y se configuran al final para mejorar la disipación de calor del polímero termoendurecible de estado líquido.

Existen tres métodos para realizar la etapa (c).

Un primer método para realizar la etapa (c) incluye: calentar la preforma 40 para combinar la(s) película(s) de nanotubos de carbono con la película polimérica 16 y producir el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10.

Haciendo referencia a la FIG. 6, el primer método para realizar la etapa (c) incluye por regla general; (c1) proporcionar un molde 38 que tiene un tablero superior 31 y un tablero inferior 33, y disponer la preforma 40 entre los tableros superior e inferior 31, 33; (c2) calentar el molde 38 para fundir la película polimérica 16, rellenando así los espacios intermedios entre los nanotubos de carbono de la estructura de nanotubos de carbono 12 con la matriz polimérica 14; y (c3) solidificar la matriz polimérica 14 y retirarla del molde 38 para conseguir el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10.

En la etapa (c1) el molde 38 incluye el tablero superior 31, el tablero inferior 33, una banda lateral. El tablero superior 31 está dispuesto sobre el tablero inferior 33. El tablero superior 31 y el tablero inferior 33 están rodeados por la banda lateral. La banda lateral define un orificio pasante 35. Se aplica un agente desmoldante dentro del molde 38 para moldear de nuevo el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10 formado en él. Se debe indicar que en realizaciones alternativas, una pluralidad de preformas 40 se pueden apilar y disponer simultáneamente entre el tablero superior 31 y el tablero inferior 33 del molde 38. En la FIG. 6 se muestran dos preformas 40 apiladas en el molde 38.

La etapa (c2) puede incluir: (c21) colocar el molde 38 en un dispositivo calefactor 60 (por ejemplo, una máquina de prensado en caliente); (c22) aplicar una presión menor de 100 megapascuales (MPa) sobre la preforma 40 mediante el tablero superior 31 y del tablero inferior 33 a una temperatura elevada (por ejemplo, aproximadamente 100°C~150°C); (c23) extraer el aire del dispositivo calefactor 60 hasta que la presión del aire contenido en él esté por debajo de -0,01 MPa, y mantener la presión sobre la preforma 40 y la temperatura durante un periodo de tiempo (por ejemplo, de aproximadamente 1 a 5 horas); y (c24) liberar la presión de la preforma 40.

La película polimérica 16 está en un estado líquido a 100°C~150°C. Mediante el prensado en caliente, la película polimérica 16 pasa a un estado líquido y se infiltra en los espacios intermedios entre los nanotubos de carbono y forma un material compuesto basado en nanotubos de carbono 10. El exceso de matriz polimérica 14 se puede drenar a través del orificio pasante 35. El aire de los espacios intermedios entre los nanotubos de carbono se puede eliminar en la etapa (c23) mediante una bomba de vacío (que no se muestra) conectada al dispositivo calefactor 60.

En la etapa (c3) la preforma 40 se enfría a temperatura ambiente, solidificándose así la matriz polimérica 14 para conseguir el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10.

Cuando la matriz polimérica 14 es resina termoendurecible, se proporciona además un calentamiento adicional de la preforma 40 antes del enfriado en la etapa (c3). Para evitar una polimerización explosiva de la matriz polimérica 14, la temperatura se debe elevar lentamente. La etapa de calentamiento incluye tres intervalos de temperatura: 150°C~180°C durante 2~4 horas, 180°C~200°C durante 1~5 horas y 200°C~230°C durante 2~20 horas.

Cuando la matriz polimérica 14 es resina termoplástica, no se requiere el calentamiento adicional de la preforma 40 descrito anteriormente.

Haciendo referencia a la FIG. 7 y la FIG. 8, un segundo método para realizar la etapa (c) incluye: (c1') precombinar al menos una preforma 40 para obtener al menos una preforma tratada 80; y (c2') calentar y prensar al menos una preforma tratada 80 para conseguir el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10.

Haciendo referencia a la FIG. 7, la etapa (c1') de precombinación de la preforma 40 para obtener la preforma tratada 80 se puede llevar a cabo por medio de un equipo de prensado en caliente seleccionado del grupo que consiste en un dispositivo de doble rodillo 200, una moldeadora plana de prensado en caliente, una prensa caliente, un vulcanizador plano, y un horno. El propósito de la precombinación es extraer el aire de la preforma 40 y ablandar la película polimérica 16. La película polimérica 16 blanda se podría unir estrechamente con los nanotubos de carbono en la estructura de películas de nanotubos de carbono 12.

La etapa (c1') se lleva a cabo por medio de un dispositivo de doble rodillo 200. El dispositivo de doble rodillo 200 incluye dos rodillos metálicos 22 y un dispositivo calefactor. La preforma 40 se hace pasar lentamente a través de dispositivo de doble rodillo 200 caliente, con una velocidad de aproximadamente 1 milímetro por minuto a aproximadamente 10 metros por minuto. La temperatura del dispositivo de doble rodillo 200 es más alta que la temperatura de reblandecimiento de la película polimérica 16 para ablandar la película polimérica 16 para que se una estrechamente con los nanotubos de carbono de la estructura de películas de nanotubos de carbono 12. Por lo tanto, la temperatura del dispositivo de doble rodillo 200 varía con la temperatura de reblandecimiento de la película polimérica 16. Para extraer completamente el aire de la preforma 40, la etapa (c1') se puede repetir muchas veces. Se debe entender que el proceso de precombinación también se puede llevar a cabo a vacío para extraer el aire de la preforma 40 más eficazmente.

En la etapa (c2') el procedimiento de calentamiento y prensado de al menos una preforma tratada 80 se lleva a cabo por medio de un equipo de prensado en caliente. La película polimérica 16 se funde y se infiltra en los microporos de la estructura de películas de nanotubos de carbono 12.

La etapa (c2') incluye las subetapas siguientes: (c2'1) colocar al menos una preforma tratada 80 en un equipo de prensado en caliente; (c2'2) calentar y prensar al menos esta preforma tratada 80 durante un periodo de tiempo determinado previamente; y (c2'3) enfriar y moldear de nuevo al menos esta preforma tratada 80 para conseguir el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10.

En la etapa (c2'1) el equipo de prensado en caliente se puede seleccionar del grupo que consiste en una prensa caliente, una moldeadora plana de prensado en caliente, un vulcanizador plano, y un horno. Haciendo referencia a la FIG. 8, en la presente invención el equipo de prensado en caliente es una prensa caliente 300. La prensa caliente 300 incluye un dispositivo de prensado, un dispositivo calefactor y un molde 32. El molde 32 incluye una parte macho superior 34 y una parte hembra inferior 36. Se puede proporcionar una etapa de recubrimiento de una superficie interior del molde 32 con un agente desmoldante, antes de colocar al menos una preforma tratada 80 en él. El agente desmoldante facilita el proceso de remodelado de la etapa siguiente. Los materiales del agente desmoldante varían con los materiales de la película polimérica. El agente desmoldante se puede seleccionar del grupo que consiste en agente desmoldante de silicio, agente desmoldante de cera, y agente desmoldante de siloxano.

La etapa (c2'2) podría incluir las subetapas siguientes: (c2'21) calentar al menos una preforma tratada 80 hasta una temperatura por encima del punto de fusión de la película polimérica 16; y (c2'22) prensar la preforma tratada 80 durante un periodo de tiempo suficientemente largo para fundir completamente la película polimérica 16 y permitir la infiltración de los materiales poliméricos en los microporos de la estructura de películas de nanotubos de carbono 12. Estas etapas se pueden realizar tanto individualmente como simultáneamente.

La etapa (c2'2) incluye las subetapas siguientes: (c2'21') prensar al menos una preforma tratada 80; y (c2'22') calentar al menos esta preforma tratada 80 hasta el punto de fusión de la película polimérica 16 durante un periodo de tiempo suficientemente largo para fundir completamente la película polimérica 16 permitiendo la infiltración de los materiales poliméricos en los microporos de la estructura de películas de nanotubos de carbono 12.

La etapa (c2'2) se puede llevar a cabo calentando al menos una preforma tratada 80 hasta el punto de fusión de la película polimérica y prensando al menos esta preforma tratada 80 al mismo tiempo hasta que la película polimérica 16 se funda completamente y los materiales poliméricos se infiltren en los microporos de la estructura de películas de nanotubos de carbono 12.

En la etapa (c2'2) la temperatura de calentamiento varía con la temperatura de fusión de la película polimérica 16. La temperatura de calentamiento está por encima de la temperatura de fusión de la película polimérica 16 para fundir completamente la película polimérica 16 e infiltrar los materiales poliméricos en los microporos de la estructura de películas de nanotubos de carbono 12. La presión es inferior a 100 MPa. El periodo de tiempo para mantener la presión sobre al menos una preforma tratada 80 es menor de 2 horas. Se debe entender que se pueden calentar y prensar juntas varias preformas tratadas 80 apiladas.

En la etapa (c2'3) la preforma tratada 80 se puede enfriar de forma activa o pasiva. En la presente invención el remoldeado se llevó a cabo a una temperatura inferior a 60°C.

Haciendo referencia a la FIG. 9, un tercer método para realizar la etapa (c) incluye: (c1'') sumergir la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 en el material polimérico de estado líquido 24; y (c2'') solidificar el material polimérico de estado líquido 24 para conseguir un material compuesto basado en nanotubos de carbono 10.

En la etapa (c1'') se proporciona un equipo 500 para combinar la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 y el material polimérico de estado líquido 24. El equipo 500 incluye un dispositivo de suministro de material 20, un dispositivo de entrada de material 30, una matriz 400, y un dispositivo de salida de material 50. El dispositivo de suministro de material 20 incluye un recipiente 201 con una primera entrada 202 y una segunda entrada 203. La primera entrada 202 se configura para eliminar el aire y hacer así vacío en el recipiente 201. La segunda entrada 203 se configura para aplicar presión sobre el material polimérico de estado líquido 24. El dispositivo de entrada de material 30 incluye una primera válvula 301 y una tercera entrada 302. La primera válvula 301 se configura para controlar una entrada del material polimérico de estado líquido 24. La tercera entrada 302 se configura para inyectar el material polimérico de estado líquido 24 en la matriz 400. La matriz 400 incluye una matriz superior 401 y una matriz inferior 402. La matriz superior 401 y la matriz inferior 402 se recubren respectivamente con un agente decapante. El dispositivo de salida de material 50 incluye una segunda válvula 501 y una salida 502. La segunda válvula 501 se configura para controlar una salida del material polimérico de estado líquido 24. La salida 502 se configura para expulsar el material polimérico de estado líquido 24 fuera del equipo 500.

El método de sumergir la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 en el material polimérico de estado líquido 24 usando el equipo 500 incluye las etapas siguientes: (c1''1) colocar la estructura de nanotubos de carbono 12 en la matriz 400; (c1''2) inyectar el material polimérico de estado líquido 24 en el recipiente 201, eliminando el aire del recipiente 201 para hacer vacío en él, y aplicar presión de inyección sobre el material polimérico de estado líquido 24; y (c1''3) colocar la matriz superior 401 sobre la matriz inferior 402 y sumergir así la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 en el material polimérico de estado líquido 24.

En la etapa (c1''1) la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 se coloca en la matriz 400 mediante las subetapas siguientes: (c1''11) recubrir con un agente decapante la matriz superior 401 y la matriz inferior 402 respectivamente; (c1''12) colocar la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 sobre la matriz inferior 402; y (c1''13) colocar la matriz superior 401 sobre la matriz inferior 402 y sellar herméticamente (y a prueba de aire) la matriz 400 con una junta o cierre herméticos.

En la etapa (c1''2) el material polimérico de estado líquido 24 se coloca en el recipiente 201 mediante las subetapas siguientes: (c1''21) cerrar la primera válvula 301 del dispositivo de entrada de material 30 y la segunda válvula 501 del dispositivo de salida de material 50; (c1''22) colocar el material polimérico de estado líquido 24 en el recipiente 201 del dispositivo de suministro de material 20; (c1''23) eliminar el aire del recipiente 201 a través de la primera entrada 202 del dispositivo de suministro de material 20 para hacer vacío en el recipiente 201, en el que una presión en el recipiente 201 está por debajo de 9×10^{-2} megapascuales (MPa), y esta presión del recipiente 201 se mantiene durante al menos 10 minutos; y (c2''24) aplicar una presión de inyección sobre el material polimérico de estado líquido 24 a través de la segunda entrada 203 del dispositivo de suministro de material 20, en el que la presión de inyección es de aproximadamente 0,001 MPa a aproximadamente 10 MPa.

En la etapa (c1''3) el material polimérico de estado líquido 24 se inyecta en la matriz 400 mediante las subetapas siguientes: (c1''31) abrir la primera válvula 301 del dispositivo de entrada de material 30 y la segunda válvula 501 del dispositivo de salida de material 50; y (c1''32) bajo la presión de inyección, el material polimérico de estado líquido 24 en el recipiente 201 entra en la matriz 400 a través del dispositivo de suministro de material 30 e inunda la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 durante al menos 10 minutos.

La viscosidad del material polimérico de estado líquido 24 es baja para que el material polimérico de estado líquido 24 pueda penetrar en la estructura microporosa de la estructura de películas de nanotubos de carbono 12. El material polimérico de estado líquido 24 restante se descarga a través de la salida 502 del dispositivo de salida de material 50. El aire que estaba inicialmente en la estructura microporosa se expulsa debido al flujo de material polimérico de estado líquido 24, con lo que se evitan o incluso previenen defectos estructurales en el material compuesto de nanotubos de carbono 10 (véase la FIG. 2).

En la presente invención, en la etapa (c1''), la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 se puede meter directamente en una cubeta de material polimérico de estado líquido 24.

En la etapa (c2'') el material polimérico de estado líquido 24 se solidifica mediante las subetapas siguientes: (c2''1) calentar el material polimérico de estado líquido 24 con la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 a una temperatura predeterminada y mantener la temperatura predeterminada durante no más de 100 horas; y (c2''2) enfriar el material polimérico de estado líquido 24 a temperatura ambiente, con lo que se obtienen el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10.

La etapa (c2''1) incluye las subetapas siguientes: (c2''11) cerrar la primera válvula 301 del dispositivo de entrada de

- material 30 y la segunda válvula 501 del dispositivo de salida de material 50; y (c2''12) calentar la matriz 400 mediante un dispositivo calefactor (que no se muestra) y solidificar el material polimérico de estado líquido 24. La temperatura del material polimérico de estado líquido 24 se eleva gradualmente para evitar la implosión del material polimérico de estado líquido 24. La temperatura predeterminada a la que el material polimérico de estado líquido 24 solidifica está por debajo de 400°C. El dispositivo calefactor se selecciona de un grupo que comprende una placa calefactora, un termocompresor, un horno y una prensa caliente (es decir, un equipo de prensado en caliente).
- 5 La etapa (c2''2) incluye las subetapas siguientes: (c2''21) calentar el dispositivo calefactor a una temperatura de aproximadamente 50°C a aproximadamente 70°C durante un periodo de aproximadamente 1-3 horas; (c2''22) calentar el dispositivo calefactor a una temperatura de aproximadamente 80°C a aproximadamente 100°C durante un periodo de aproximadamente 1-3 horas; (c2''23) calentar el dispositivo calefactor a una temperatura de aproximadamente 110°C a aproximadamente 150°C durante un periodo de aproximadamente 2-20 horas, mediante lo cual el material polimérico de estado líquido 24 solidifica; y (c2''24) enfriar el dispositivo calefactor a temperatura ambiente, sacar la matriz 400 del dispositivo calefactor, y retirar la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 y el material polimérico de estado líquido 24 combinados de la matriz 400 para obtener el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10.
- 10 El material compuesto basado en nanotubos de carbono 10 se forma combinando la estructura de películas de nanotubos de carbono 12 con el material polimérico de la matriz polimérica 14. Como tales, los nanotubos de carbono se pueden dispersar uniformemente en la matriz polimérica 14 sin la necesidad de tratamiento superficial de los nanotubos de carbono. La estructura de películas de nanotubos de carbono 12 está básicamente libre de defectos, y el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10 es un material conjunto, único e integrado. Además, la alineación de los nanotubos de carbono en el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10 está ordenada. Por consiguiente, las conductividades eléctrica y térmica del material compuesto basado en nanotubos de carbono 10 se pueden mejorar. Adicionalmente, el método para fabricar el material compuesto basado en nanotubos de carbono 10 es simple y con buena relación entre costes y eficacia.
- 20 Se debe entender que las realizaciones descritas anteriormente pretenden ilustrar más que limitar la invención. Se pueden realizar variaciones de las realizaciones sin apartarse del espíritu de la invención tal y como se reivindica. Las realizaciones descritas anteriormente ilustran el alcance de la invención pero no restringen el alcance de la invención.
- 25 Se debe entender también que la descripción anterior y las reivindicaciones implicadas en un método pueden incluir alguna indicación con referencia a la realización secuencial de acciones. Sin embargo, cualquiera de tales indicaciones usada es sólo con intenciones ilustrativas y no debe interpretarse que sugieren un único orden concreto fijado en el que las acciones deban realizarse.
- 30

REIVINDICACIONES

1. Un material compuesto basado en nanotubos de carbono (10), que comprende:
una matriz polimérica (14); y
una estructura de películas de nanotubos de carbono (12) dispuesta en la matriz polimérica, la estructura de películas de nanotubos de carbono comprende una pluralidad de nanotubos de carbono, en el que la estructura de películas de nanotubos de carbono está dispuesta en una región de capa central entre las porciones de capa superior e inferior de la matriz polimérica, se define una pluralidad de espacios intermedios entre los nanotubos de carbono de la estructura de películas de nanotubos de carbono, y la matriz polimérica rellena los espacios intermedios.
2. Un material compuesto basado en nanotubos de carbono según la reivindicación 1, en el que la matriz polimérica es resina termoendurecible seleccionada del grupo que consiste en fenólica, epoxi, bismaleimida, polibenzoxazina, éster de cianato, poliimida, éster de poliamida insaturada y cualquier combinación de las mismas.
3. Un material compuesto basado en nanotubos de carbono según la reivindicación 1, en el que la matriz polimérica es resina termoplástica seleccionada del grupo que consiste en polietileno, cloruro de polivinilo, politetrafluoroetileno, polipropileno, poliestireno, polimetilmetacrilato acrílico, tereftalato de polietileno, policarbonato, poliamida, tereftalato de polibutileno, poliéter cetona, poliéter sulfona, éter sulfona, poliimida termoplástica, poliéterimida, sulfuro de polifenileno, acetato de polivinilo, parafenilen benzobisoxazol y cualquier combinación de los mismos.
4. Un material compuesto basado en nanotubos de carbono según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la pluralidad de nanotubos de carbono en la estructura de películas de nanotubos de carbono entran en contacto unos con otros mediante fuerzas de atracción de Van der Waals entre ellos para formar una estructura autosoportada.
5. Un material compuesto basado en nanotubos de carbono según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la estructura de películas de nanotubos de carbono comprende al menos una película de nanotubos de carbono, en el que los nanotubos de carbono en al menos la película de nanotubos de carbono están alineados a lo largo de la misma dirección.
6. Un material compuesto basado en nanotubos de carbono según la reivindicación 5, en el que la estructura de películas de nanotubos de carbono comprende una pluralidad de películas de nanotubos de carbono y la pluralidad de películas de nanotubos de carbono están apiladas entre ellas.
7. Un material compuesto basado en nanotubos de carbono según cualquiera de las reivindicaciones 5 ó 6, en el que un grosor de cada película de nanotubos de carbono es de aproximadamente 0,5 nm a aproximadamente 100 µm.
8. Un material compuesto basado en nanotubos de carbono según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que los nanotubos de carbono en la película de nanotubos de carbono se unen en fila por fuerzas de atracción de Van der Waals entre ellos.
9. Un material compuesto basado en nanotubos de carbono según la reivindicación 1, en el que la estructura de películas de nanotubos de carbono es una estructura de películas de nanotubos de carbono formada para ser autosoportada antes de su inclusión en el material compuesto.
10. Un método para fabricar un material compuesto basado en nanotubos de carbono (10), que comprende:
(a) formar una estructura de películas de nanotubos de carbono (12) y proporcionar un material polimérico de una matriz polimérica (14); y
(b) rellenar la estructura de películas de nanotubos de carbono con el material polimérico para formar el material compuesto basado en nanotubos de carbono que comprende la estructura de películas de nanotubos de carbono y el material polimérico;
en el que la estructura de películas de nanotubos de carbono se coloca en una región de capa central entre las porciones de capa superior e inferior de la matriz polimérica, se define una pluralidad de espacios intermedios entre los nanotubos de carbono de la estructura de películas de nanotubos de carbono, y la matriz polimérica rellena los espacios intermedios.
11. Un método según la reivindicación 10, en el que la etapa (a) comprende además las etapas de:
(a1) proporcionar una película polimérica y al menos una película de nanotubos de carbono; y

- (a2) adherir al menos una película de nanotubos de carbono a la superficie de la película polimérica para formar una preforma.
- 5 12. Un método según la reivindicación 11, en el que la etapa (b) se realiza mediante el método de: calentar la preforma para combinar al menos una película de nanotubos de carbono con la película polimérica para formar el material compuesto basado en nanotubos de carbono.
13. Un método según la reivindicación 11, en el que la etapa (b) comprende:
- (b1) precombinar al menos una preforma para obtener al menos una preforma tratada; y
- (b2) calentar y prensar al menos una preforma tratada para conseguir el material compuesto basado en nanotubos de carbono.
- 10 14. Un método según la reivindicación 10, en el que en la etapa (b) el material polimérico es un material polimérico de estado líquido.
- 15 15. Un método según la reivindicación 14, en el que la etapa (b) comprende además:
- (b1') sumergir la estructura de películas de nanotubos de carbono en el material polimérico de estado líquido; y
- (b2') solidificar el material polimérico de estado líquido para conseguir el material compuesto basado en nanotubos de carbono.
16. Un método según la reivindicación 10, en el que la estructura de películas de nanotubos de carbono es una estructura de películas de nanotubos de carbón autosoportada.

10

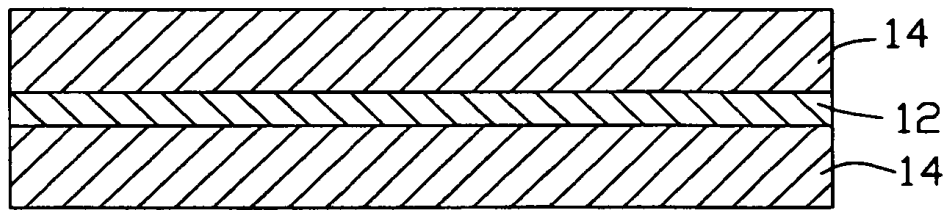


FIG. 1

10

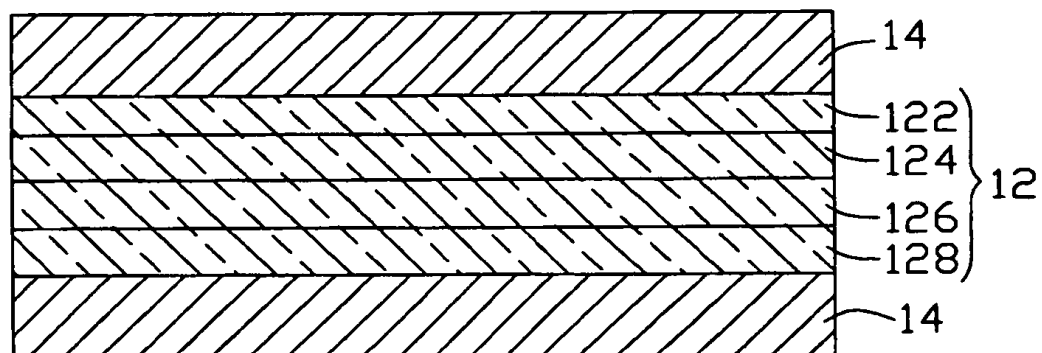


FIG. 2

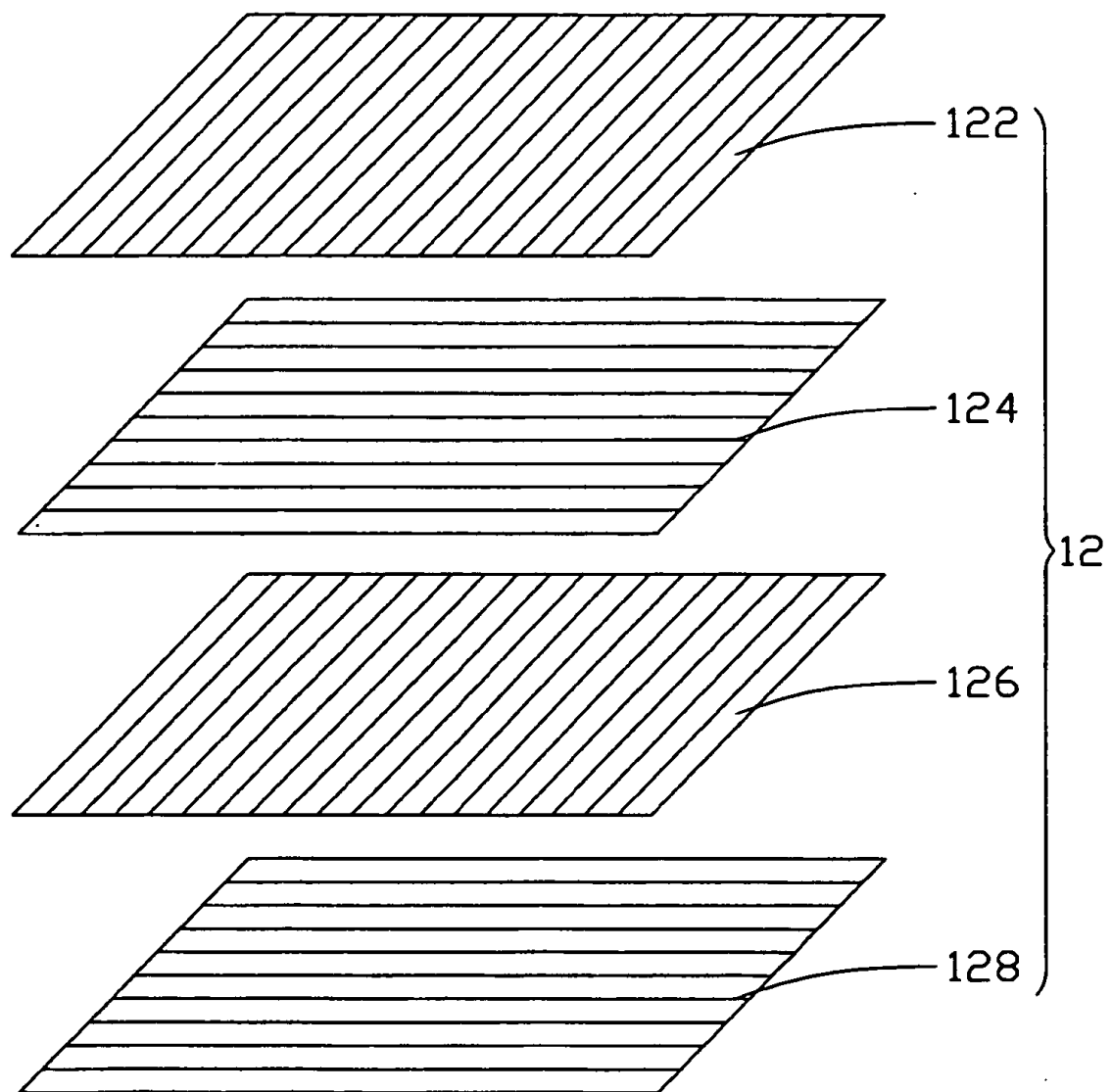


FIG. 3

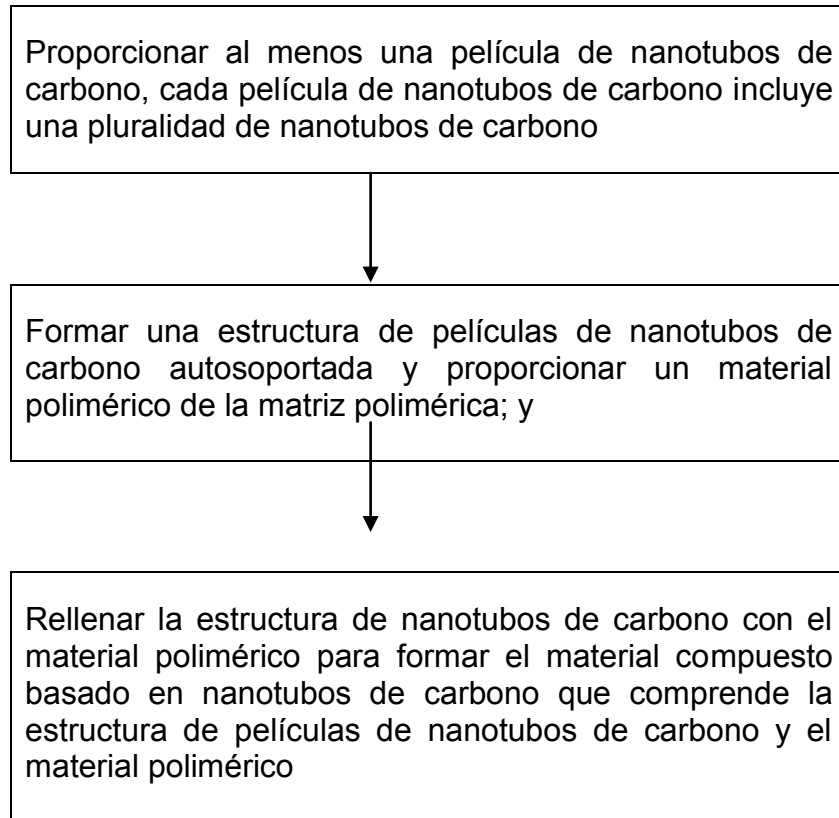


FIG. 4

40

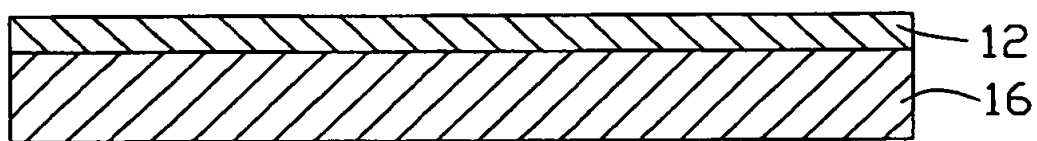


FIG. 5

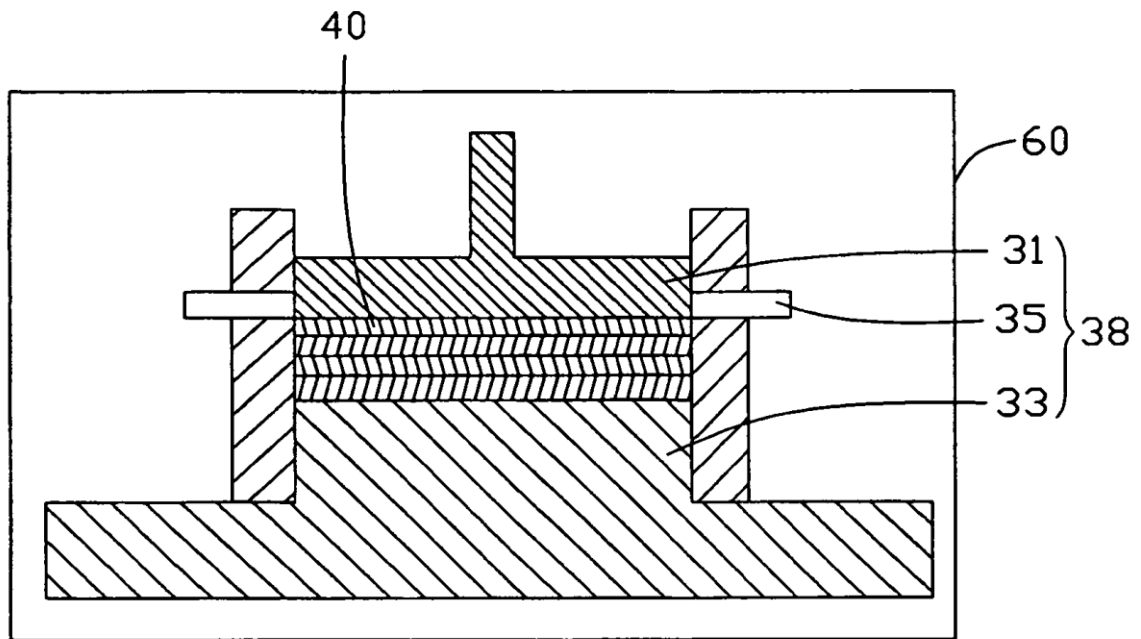


FIG. 6

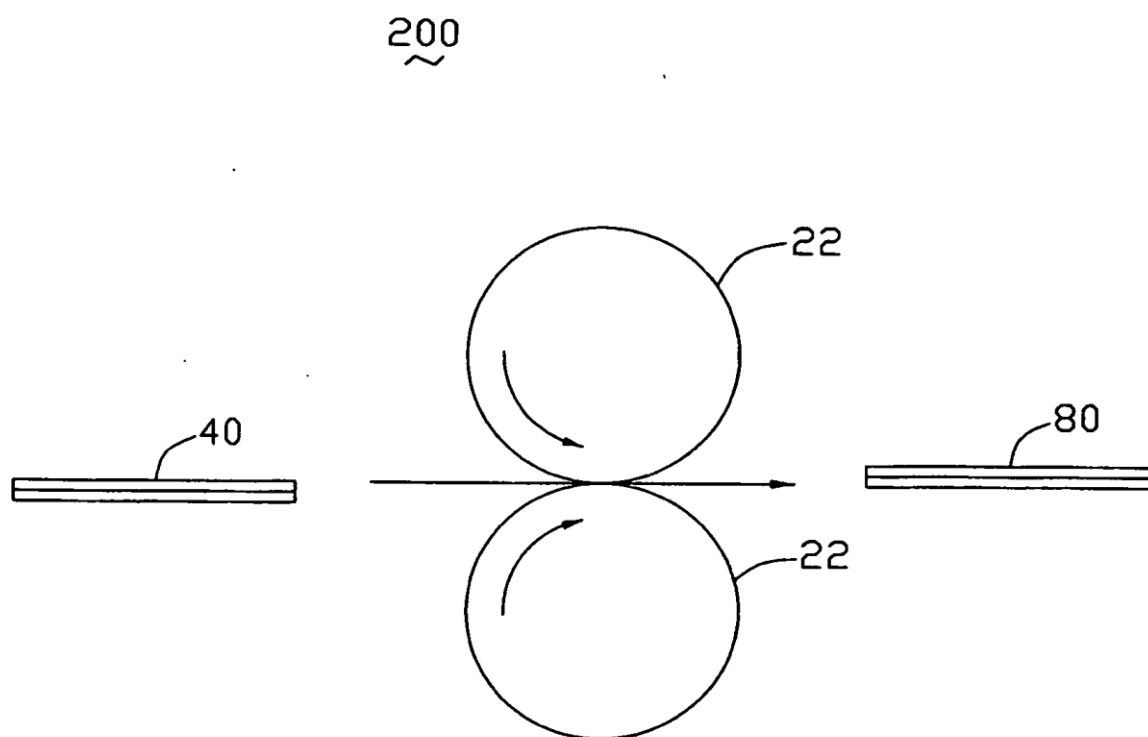


FIG. 7

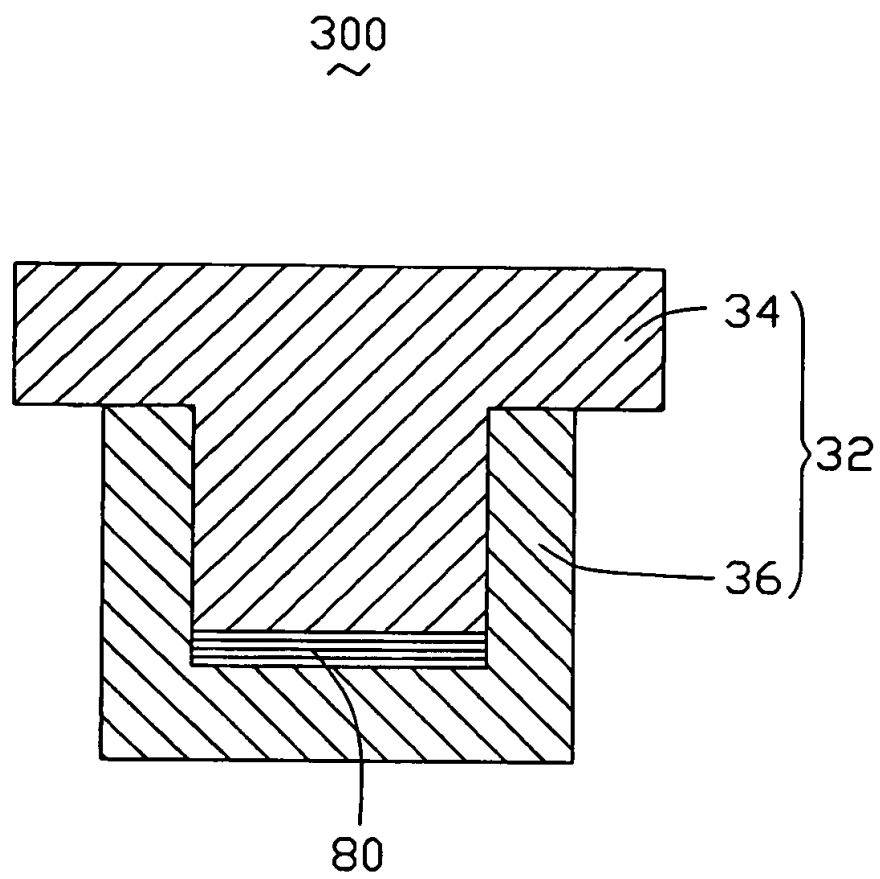


FIG. 8

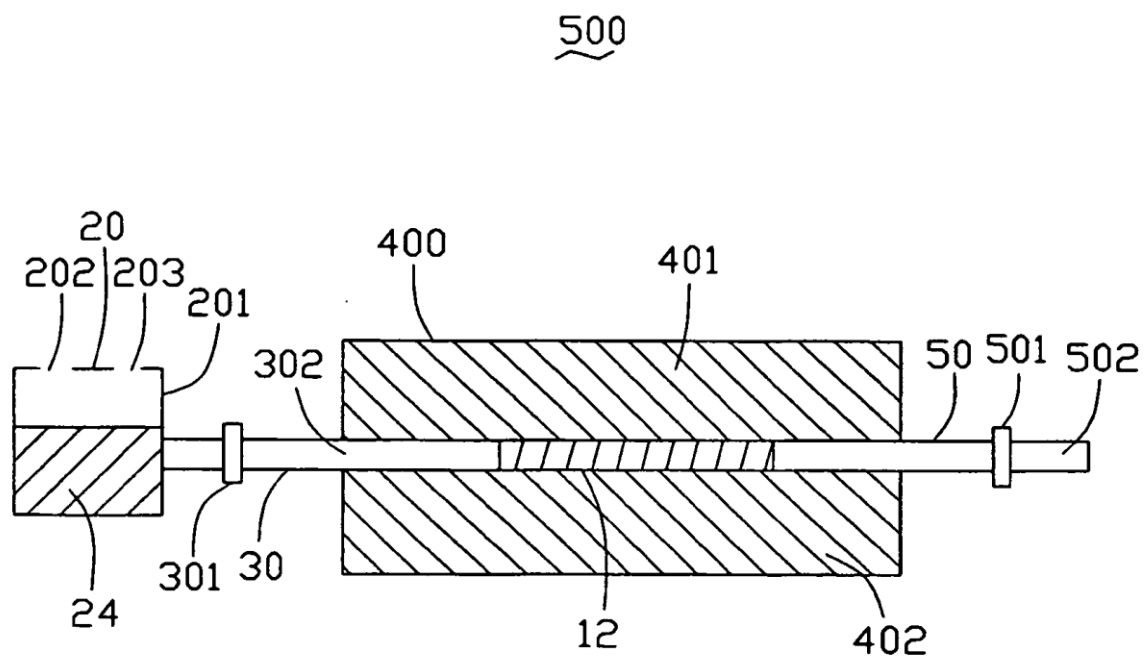


FIG. 9